

混合稀土对改善铝铜合金铸造性能的影响^①

崔天真 王德福 宁志良

(哈尔滨科技大学 203 信箱, 哈尔滨 150080)

摘 要 通过研究混合稀土变质后铸造性能的变化, 得出了 Al-4.5%Cu 合金流动性、线收缩率、热裂倾向、缩松及夹杂物等随稀土加入量的变化规律; 知获得最佳综合铸造性能的最佳混合稀土加入量为 0.2%。对混合稀土变质后的 Al-4.5%Cu 合金铸造性能的改善机制进行了分析, 认为混合稀土之所以能改善合金的铸造性能, 是因为改变了合金的凝固结晶特性, 并使合金获得了净化。

关键词 Al-4.5%Cu 合金 混合稀土 变质 铸造性能

铝铜合金具有较好的机械性能, 但铸造性能较差。目前用稀土改善合金铸造性能的方法受到重视, 国内外学者进行了大量研究, 成果斐然^[1]。但用稀土改善铝铜合金铸造性能的综合研究, 尚无系统报导。我们在混合稀土对铝铜合金变质作用的基础上^[2], 系统地研究了混合稀土对改善铝铜合金铸造性能的影响。

1 试验过程

试验用 Al-4.5%Cu 合金用 A00 工业纯铝和 Al-50%Cu 中间合金配制。混合稀土以 Al-10%混合稀土合金的形式加入, 其主要成分为 Ce>45%, La>30%, Nd≥15%。

将预先称好的铝和铝铜中间合金放入 SG-7.5-10 坩埚炉中熔化, 并升温至 740℃保温。在该温度以压入法加入混合稀土, 并保持 5 min, 然后进行充分搅拌, 待合金液降温至 720℃立即浇注。用浇注单螺旋流动试样测定合金的流动性; 用 ZQS-2000 双棒线收缩热裂仪测定合金的线收缩, 测定最终温度为 250℃; 用 ZQD-10000 型动态热应力仪测定合金的热应力; 用 XWTD-664 自动平衡记录仪记录数据。试验用铸型用 75 目大林砂加 6%粘土和 5%水的型砂制造。

2 试验结果与分析

2.1 流动性

流动性的试验结果如图 1 所示。混合稀土加入量为 0.2%时, 达最大值。原因是: (1) 加入混合稀土变质, 改变了合金的结晶特性。从状态图上可见, Al-4.5%Cu 合金的结晶间隔在 120℃左右。流动性随有效结晶间隔而变, 宽则差, 窄则好。表 1 为测得的混合稀土加入量与有效结晶间隔的变化, 当加入 0.2%混合稀土时, 有效结晶间隔由原来的 89℃降到 70℃, 即使原来的液态区从 31℃增加到 50℃, 相当于提高浇注温度 19℃, 从而使流

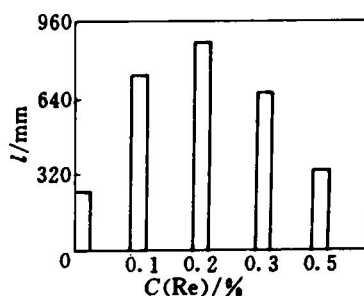


图 1 Al-4.5%Cu 合金的流动性与稀土量的关系

① 参加研究工作的还有吴静波、姜卫国 收稿日期: 1994-12-31; 修回日期: 1995-05-15

动性提高。(2) 用混合稀土变质使铝铜合金得到净化, 特别是气体含量^[3]和夹杂物含量(见表 2)大大降低, 加入 0.2%混合稀土, 使夹杂物降低 80%以上, 故使流动性提高。

2.2 线收缩

合金线收缩试验的结果如图 2 所示, 混合稀土加入量为 0.2%时, 达到最小值。其原因也是稀土改变了合金的结晶特性, 合金线收缩开始温度从有效结晶间隔的上限开始, 如上面所述, 加入 0.2%的混合稀土, 使有效结晶间隔最窄, 即使其上限温度降低, 故导致线收缩开始的温度降低, 使线收缩变小。

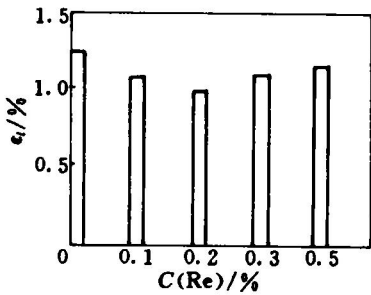


图 2 Al-4.5%Cu 合金的线收缩与稀土量的关系

2.3 热裂倾向

混合稀土变质对合金热裂倾向的试验结果, 示于图 3、图 4。

用浇注热裂环法测定合金的热裂倾向, 用裂纹的最大宽度和裂纹的总长度表示热裂倾向。其值越小, 热裂倾向就越小。稀土量加入 0.2%时, 出现最小值。这是因为: (1) 合金的热裂倾向性与合金准固态区宽度有关, 此区宽度由测定合金热应力曲线求得。准固态区宽度与稀土加入量的关系见表 1。稀土加入量为 0.2%时最窄, 这与图 3、图 4 表示的测定热裂倾向的结果相符。(2) 稀土加入细化了合金组织, 使其在准固态区的强度迅速提高^[4, 5], 以抵抗热应力, 故加适量的稀土变质, 合金的热裂倾向下降。(3) 由于用稀土变质使合金净化, 提高了合金的导热率, 有效的减少“热节效应”, 使合金的热裂倾向变小。在凝固末期, 合金产生的应力或应变大于其自身的强度或断

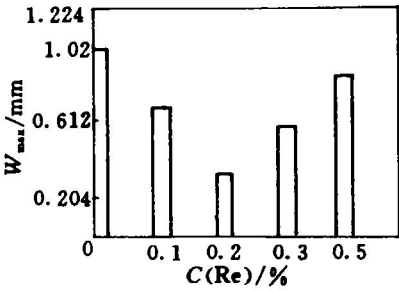


图 3 Al-4.5%Cu 合金热裂纹最大宽度 (W_{max})与稀土量的关系

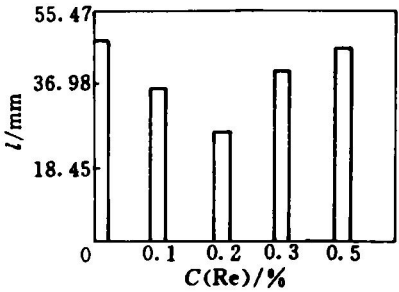


图 4 Al-4.5%Cu 合金裂纹总长度与稀土量的关系

表 1 稀土加入量与 Al-4.5%Cu 合金准固态区宽度

混合稀土加入量/%	0	0.1	0.2	0.3	0.5
准固态区宽/℃	89	72	70	75	77

裂应变, 即产生热裂。铝铜合金凝固末期的断裂应变为 1.3%~1.8%^[6], 根据上面线收缩测定结果, 测到 250℃时也达不到此值。这就是说, 铸件在凝固过程中均匀收缩不可能产生热裂。但实际上 Al-4.5%Cu 合金的热裂倾向性很大, 这是由于凝固过程中温度分布不均, 在某些局部产生集中变形(“热节效应”), 导致应变大于断裂应变所致。为研究“热节效应”设计了图 5 所示试样和 A 与 B 两个测温点。对于加入不同稀土(铸型和浇注温度相同), 测出 A 与 B 点的温差, 结果发现不变质时比变质良好时的 A 与 B 点温度差高出 5~20℃(浇满后至厚部 500℃时)。这一试验说明, 用稀土变质显著

地提高合金的导热率,减少了“热节效应”,从而使合金的热裂倾向下降。(4)由于稀土变质细化了合金的晶粒组织,使凝固后期液膜变薄且分布均匀,增加抗热裂的能力。

图 6 是 Al-4.5%Cu 合金热裂断口的晶粒组织和皱褶的 SEM 像。图 6(a)未加稀土,(b)为变质良好的。(a)晶粒粗大,表面积小,晶间液膜较厚且分布不均,(b)晶粒比(a)细小,晶间液膜少。合金的抗热裂性,随晶间液膜厚度增加而下降,因此未变质的热裂倾向大。

2.4 显微缩松

Al-4.5%Cu 合金易形成显微缩松。经过稀土变质可以基本消除这种缺陷。图 7 示出这种合金未变质和变质的缩松情况。这是由于用

稀土变质使合金的流动性提高,使有效凝固区变窄、使合金净化、表面张力减少等诸因素,使合金补缩微观孔洞的能力增强,从而大大地减少了显微缩松的倾向。

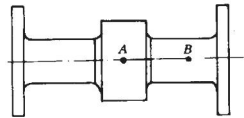


图 5 热节试样与测温点
A— $d40\text{ mm}$;
B— $d20\text{ mm}$

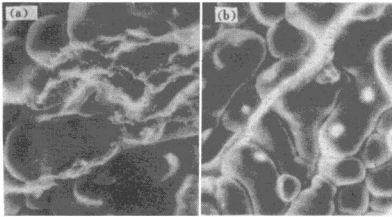


图 6 断口晶粒组织、表面皱褶, $\times 500$
(a)—未变质;(b)—变质良好

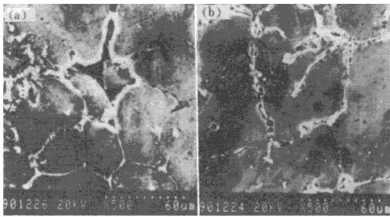


图 7 未变质与变质良好的 Al-4.5%Cu 合金的缩松
(a)—未变质;(b)—加 0.2%Re, 变质良好

2.5 合金中夹杂物

表 2 是用溶剂冲洗法测得的合金夹杂物。加入 0.2%混合稀土变质，夹杂物的含量最低。其原因如下：由于采用混合稀土变质处理，金属液表面形成特别致密的稀土铝复合氧化膜，保护内部金属不被氧化，复合氧化物的比重大，沉积坩埚底部^[7]；变质后合金的流动性提高，有利于夹杂物沉浮去除；变质后，枝晶不发达，阻碍夹杂物沉浮率下降。

表 2 稀土加入量对夹杂物的影响

稀土加入量 /%	试样原重 /g	处理后重 /g	夹杂物 相对量/%	夹杂物 降低/%
0	6.7102	6.6704	0.5931	0
0.1	5.6760	5.6671	0.1568	73.6
0.2	6.1424	6.1356	0.1107	81.3
0.5	5.2796	5.2707	0.1686	71.6

混合稀土加入量在 0.2%左右，Al-4.5%Cu 合金铸造性能最好，可能是由于低于此值，达不到使合金完全变质的浓度；高于此值，则与铝形成稀土化合物^[7]，反而使合金中稀土的浓度低于完全变质的浓度，达不到完全变质，反而增加了夹杂物，特别是晶间夹杂物，使合金的机械性能降低^[2]，铸造性能变差。而加入 0.2%的混合稀土，可使 Al-4.5%Cu 合金完全

变质，不仅可以获得最佳的铸造性能，且机械性能也达到最好。

3 结论

在 Al-4.5%Cu 合金中加入混合稀土变质，其准固态区变窄，准液态区增加，改变了它的凝固结晶特性，并使金属净化，气体和夹杂物减少，表面张力降低，从而使其流动性提高，线收缩热裂倾向和显微缩松倾向下降，特别是混合稀土加入量为 0.2%时，可使合金完全变质，获得最佳的铸造性能。

参考文献

1 陈玉勇. 铸造, 1986, (5): 1—5.

2 崔天真. 机械工程师, 1988, (4).

3 李道韞. 铸造. 1985, (1): 27—32.

4 刘 驰. 中国稀土学报, 1986, 4(3): 45—49.

5 李庆春. 机械工程学报, 1985, 21(4): 1—9.

6 刘 驰. 哈尔滨工业大学硕士论文, 1984.

7 李道韞. 特种铸造及有色合金, 1989, (1): 15—18.

(编辑 彭超群)